F. Kiesow.

2333

RENDICONTI DELLA R. ACCADEMIA DEI LINCEI
Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali
Estratto dal vol. XIV, 1° sem., serie 5ª, fasc. 6°. — Seduta del 19 marzo 1905.

LA PRESSIONE DEL SANGUE

NELL'ARIA RAREFATTA

Op 43/30

NOTA

DEL SOCIO

ANGELO MOSSO

R. ISTITUTO
DI
PSICOLOGIA SPERIMENTALE
Fondazione E. E. PELLEGRINI
1935 n. 1472

ROMA
TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA DEI LINCEI
PROPRIETÀ DEL CAV. V. SALVIUCCI
1905

BIBLIOTECA
PSICOLOGIA
UNIVERSITÀ DI TORINO
R
op. 2/40

R. ISTITUTO
DI
PSICOLOGIA SPERIMENTALE
Fondazione E. E. PELLEGRINI
1935 - n. 1472

2333

Fisiologia. — *La pressione del sangue nell'aria rarefatta.* Nota del Socio ANGELO MOSSO.

§ 1.

La pressione sanguigna nell'aria rarefatta non fu ancora studiata, per quanto io sappia, col metodo grafico. In questa Nota mostrerò come si possano superare le difficoltà che presenta tale registrazione manometrica. P. Bert che primo tentava lo studio della pressione sanguigna nella decompressione, malgrado i mezzi dei quali disponeva, si limitò a far poche esperienze nel suo grande cilindro di ferro, ma in causa dei coaguli che si formavano, le osservazioni di P. Bert rimasero molto incomplete; onde egli disse: « Les rares constatations que j'ai pu faire ne m'ont montré que de faibles diminutions »(1). Nell'esperienza CCXIX nella quale raggiunse una depressione barometrica

(1) P. Bert, *La pression barométrique*. Paris, 1878, pagg. 719 e 707.

di 260 mm. la pressione sanguigna si mantenne immutata, cioè come era prima alla pressione barometrica normale.

Fränkel e Geppert (1) studiarono con maggiore successo la pressione del sangue nell'aria rarefatta: il metodo che essi adoperarono non permetteva di scrivere il polso e le variazioni della pressione sanguigna, onde si limitarono a leggere sulla scala del manometro la differente altezza della colonna di mercurio. Essi trovarono che la pressione del sangue non cambia per depressioni molto considerevoli. Quando queste erano tali da mettere in pericolo la vita, come in una esperienza nella quale il barometro segnava 215 mm., osservarono un forte aumento della pressione con rallentamento del polso. La pressione saliva nelle altre esperienze di 2 centimetri quando la depressione arrivava a 400 mm.

Lazarus e Schyrmunsky fecero nel 1883 delle ricerche coll'apparecchio di v. Basch nella camera pneumatica e tentarono anche delle esperienze sugli animali, ma con risultati poco chiari (2). G. Liebig nel 1895 si servì del mio sfigmomanometro (3) studiando l'uomo nella camera pneumatica; ma in due persone trovò un aumento e in due altre una diminuzione. Egli lavorava però con deboli depressioni di 543 mm. a 425 mm. che corrispondono appena all'altezza del Monte Rosa. Altre misure fatte da R. Heller, W. Mayer e H. v. Scrötter (4) col manometro di v. Basch sulle montagne nell'attitudine di 2210 diedero un aumento della pressione.

A. Loewy studiando col metodo di Zuntz (5) la velocità della corrente sanguigna nell'aria rarefatta a metà atmosfera, trovò che nel riposo non cambia la velocità della circolazione quando diminuisce la pressione parziale dell'ossigeno nell'aria degli alveoli, fino al limite dove comincia a manifestarsi la mancanza dell'ossigeno nei tessuti. Questa comunicazione preliminare (6) non fu corredata che io sappia dalla pubblicazione di particolari esatti delle esperienze fatte.

Nelle spedizioni che feci al Monte Rosa studiai la pressione sanguigna servendomi dello sfigmomanometro, ma per l'altitudine di 4560 m. quando era esclusa la fatica, non osservai alcuna differenza (7).

(1) Fränkel und Geppert, *Ueber die Wirkungen der verdünnten Luft.* Berlin, 1883, pag. 65.

(2) Lazarus e Schyrmunski, *Ueber die Wirkungen des Aufenthaltes in verdünnter Luft.* Zeitschrift für klin. Medicin, VII, 1883.

(3) G. v. Liebig, *Der Luftdruck* Braunschweig, 1898, pag. 77.

(4) Zeitschrift für klin. Medicin, Bd. 33.

(5) Zuntz, Archiv. f. d. ges. Physiologie, tome 55.

(6) A. Loewy, *Ueber die Resorption und Circulation unter verdünnter und verdichter, sauerstoffarmer und sauerstoffreicher Luft.* Archiv. f. d. ges. Physiologie, 1894, tome 58, pag. 409.

(7) A. Mosso, *Fisiologia dell'uomo sulle Alpi*, pag. 74.

§ 2.

Il metodo che adoperai è semplice. Sotto una grande campana di vetro che poggia sopra una tavola di marmo e chiude ermeticamente per mezzo del grasso, si mette il cilindro affumicato (come si vede nella fig. 56, pag. 317 del mio libro *Fisiologia dell'uomo sulle Alpi*). L'asse del cilindro attraversa la tavola di marmo scorrendo a dolce fregamento in un cilindro di ottone che lo abbraccia e chiude a tenuta d'aria. Quest'asse può alzarsi ed abbassarsi per mezzo di una vite che sta sotto la tavola. Un sistema di carrucole messe in movimento da un motore Baltzar servono ad imprimere la velocità di rotazione più conveniente al cilindro.

Avendo osservato nelle prime esperienze fatte sui cani che la pressione sanguigna non cambia per depressioni corrispondenti all'altitudine del Monte Rosa, tentai subito in altre esperienze una rarefazione dell'aria corrispondente alla montagna più elevata che siavi sulla terra, il monte Everest, alto 8900 m. Fra quelle che feci a tale depressione, ne scelgo una dove fu molto rapida la depressione ed egualmente rapida la ricompressione, e riproduco questo tracciato che mi sembra più interessante degli altri.

Esperienza I.

3 gennaio. Un cane giovane che pesa 2800 gr. riceve a dosi ripetute tre grammi di cloralio nella cavità addominale, quindi si prepara la carotide che si mette in comunicazione col manometro a mercurio che sta sotto la campana. Alle ore 10,33′ si comincia a scrivere il tracciato della pressione sanguigna normale che era 135 mm. fig. 1.

Non riproduco l'ascissa reale dello zero per economia di spazio; nel tracciato si vedono le oscillazioni respiratorie della pressione. In A dove trovasi un'interruzione fermo il cilindro e comincia la decompressione: prima la pompa funzionava con largo accesso dell'aria, cosicchè il manometro segnava 0 per la pressione atmosferica che era 728 mm. Quando la rarefazione dell'aria è tale che il manometro segna 228 mm. che corrisponde all'altezza di 9600 m., metto in moto nuovamente il cilindro. Per questa fortissima depressione pari a 9600 m. la pressione sanguigna è divenuta solo 4 mm. minore. La frequenza del respiro si è alquanto accelerata, come vedesi nel mezzo del tracciato, dopo la pressione tende a diminuire: ma la differenza è appena di 8 mm. alla fine della fig. 1.

Trascorsi sette minuti dal momento che cominciò la depressione vedendo che il respiro è divenuto più lento, come osservasi in principio della fig. 2, dò libero accesso all'aria nel punto segnato α; dopo 1 minuto si ristabilì la pressione normale di 728 mm. Le pulsazioni diventarono più ampie e diminuì

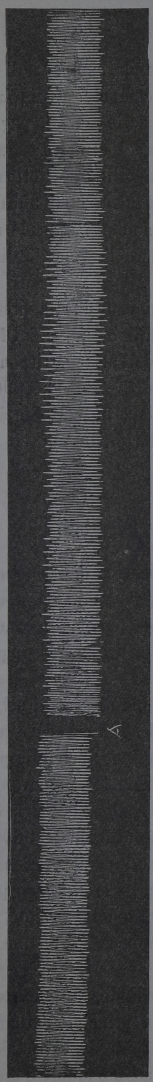

Fig. 1.

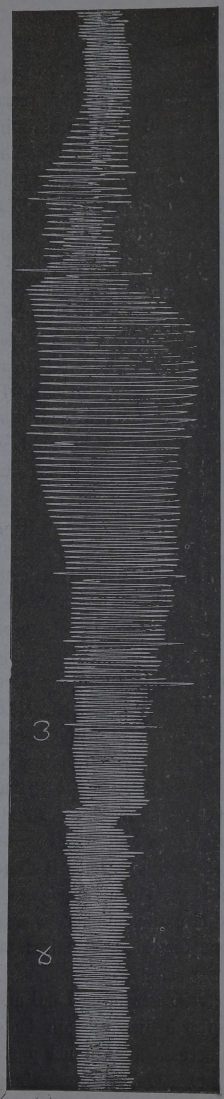

Fig. 2.

la frequenza delle sistoli. Si vede qui nella circolazione quanto abbiamo osservato per i movimenti respiratorî nei tracciati che ho pubblicato nella Nota *L'apnea prodotta dall'ossigeno* (1) dove per le rapide decompressioni si produsse un arresto completo della respirazione.

L'azione sul cuore che rassomiglia ad una eccitazione dei vaghi dura circa due minuti, e dopo si ristabiliscono le condizioni primitive della circolazione. Questi mutamenti della pressione come l'arresto del respiro che osservasi nelle rapide discese alla pressione ordinaria, sono un fatto importante che merita di essere studiato in rapporto alle ascensioni aereostatiche. Nella Nota sull'apnea prodotta dall'ossigeno pubblicai le modificazioni che succedono nel respiro passando da un regime povero di ossigeno ad uno più ricco: qui vediamo i mutamenti che succedono nel cuore e nella pressione sanguigna per un processo analogo. Come la respirazione può fermarsi per due o tre minuti in una rapida discesa dalle grandi altezze alle pressioni normali, vediamo qui le alterazioni che produconsi nella circolazione contemporaneamente a quelle del respiro.

Le presenti esperienze dimostrano come possano prodursi delle modificazioni profonde nella nutrizione dei tessuti e specialmente nelle cellule nervose, senza che apparisca un'alterazione immediata nella loro funzione, e questi mutamenti risaltano con evidenza quando si ristabiliscono le condizioni normali dell'ambiente primitivo.

Posso ritenere questa come una legge che dimostrai coi tracciati del respiro diminuendo la razione dell'ossigeno (2) constatando che nei centri respiratorî si produceva un'alterazione profonda senza che si modificasse in modo corrispondente la funzione del movimento. Qui comparisce ora lo stesso fenomeno nei mutamenti della funzione cardiaca e della pressione sanguigna. Certo, guardando il tracciato in principio della fig. 2, mentre la pressione era ancora 228 mm. nessuno poteva supporre che tornando alla pressione normale da α in ω si sarebbe prodotta una modificazione tanto profonda nei battiti cardiaci e nella pressione sanguigna.

Queste osservazioni sono interessanti per un altro riguardo. Tissandier per due volte nella rapida discesa aereostatica dello *Zénith* si è svegliato quando (3) giunse circa a 6000 m.: e la seconda volta mentre scendeva dall'altezza di 8600 m. trovò morti nella navicella i suoi due compagni Sivel e Croce Spinelli. Il ritardo a riprendere la coscienza fu anche maggiore nell'ascensione aereostatica di Süring e Berson, perchè essi scendevano dall'altitudine di 10,800 m. e si svegliarono tutti due quasi contemporaneamente nell'altitudine di 6000 m. mentre nel salire erano stati bene fino a 10,000 m. Per spiegare una così grande differenza tra la salita e la discesa dobbiamo tener conto dei disturbi circolatorî che si vedono nella fig. 2.

(1) A. Mosso, Archives italiennes de Biologie, tome XLI, pag. 146.
(2) A. Mosso, Archives ital. de Biologie, tome XL, pag. 138.
(3) P. Bert, *La pression barométrique*, pag. 1066

§ 3.

Ho già studiato [1] in un altro mio scritto le alterazioni che si producono nel tessuto polmonare in seguito alle forti decompressioni e sono d'accordo col prof. Kronecker che nell'aria rarefatta succedono delle alterazioni polmonari. Kronecker afferma [2] che il male di montagna sia causato dalle stasi che si producono nella circolazione dei polmoni per effetto dell'aria rarefatta.

L'aver osservato in questa esperienza che alla pressione barometrica di 228 mm. corrispondente all'altitudine di 9600 m. non si è modificata la pressione sanguigna, ci impedisce di ammettere che la depressione barometrica agisca in modo meccanico sulla circolazione polmonare.

Volendo conoscere i disturbi circolatorî che si producono nella morte, quando la depressione barometrica diviene così intensa da riuscire fatale, spingo la rarefazione dell'aria fino a 128 mm. che corrisponde all'altitudine di 14,200 m.

Esperienza II.

Alle ore 11, dopo aver lasciato il cane tranquillo per circa 15 minuti, torniamo ad amministrargli un grammo di cloralio e comincia il tracciato della fig. 3, dove vediamo che il polso è divenuto un poco più lento e l'animale respira solo 8 volte al minuto. Scritto il tracciato normale linea 1, fig. 3, comincia in α la depressione barometrica e muovo leggermente il cilindro per fare un segno; la curva continua nel tracciato seguente. In ω linea 1, fig. 4 la pressione nella campana è solo 128 mm. corrispondente all'altitudine di 13,039 metri.

È importante vedere come dopo ω, malgrado la rapida e forte depressione cui fu soggetto questo cane, che la forza delle contrazioni cardiache e la pressione sanguigna siano poco diverse dalle condizioni normali in principio della linea 1, fig. 3. Certo in base a questa esperienza non possiamo attribuire il male di montagna ad un disturbo meccanico che succeda nella circolazione polmonare per effetto della depressione barometrica.

I moti del respiro sono divenuti più lenti e ve ne sono 10 ogni minuto, poi improvvisamente verso al fine della linea 1, fig. 4, si rallenta la frequenza dei battiti cardiaci. Nella linea 2 della fig. 3 continua questo stato anormale delle sistoli cardiache simile ad una eccitazione del nervo vago; ma la pressione non diminuisce fino a che le sistoli diventano molto rare, come osservasi nella linea 2 della fig. 4.

(1) A. Mosso, Archives ital. de Biologie, tome XLI, pag. 384.
(3) H. Kronecker, *Die Bergkrankheit*, pag. 114.

Mantengo costante la pressione barometrica a 128 mm. perchè ero deciso ad uccidere l'animale colla depressione; ma questa altitudine di 14,200 m. non

Fig. 3.

basta. Nella linea 2, fig. 3 vediamo che le condizioni non peggiorano. Nella linea 3, fig. 4 il respiro era divenuto molto raro; in R R R R sono segnate le respirazioni che il cane fa boccheggiando, come succede nell'agonia. Malgrado che il cane fosse agli estremi non si osservò nei suoi muscoli alcun moto convulsivo paragonabile a quelli caratteristici dell'asfissia.

Per provare se l'animale giunto a questo estremo poteva ancora salvarsi, ristabilisco rapidamente la pressione; il respiro cessa completamente.

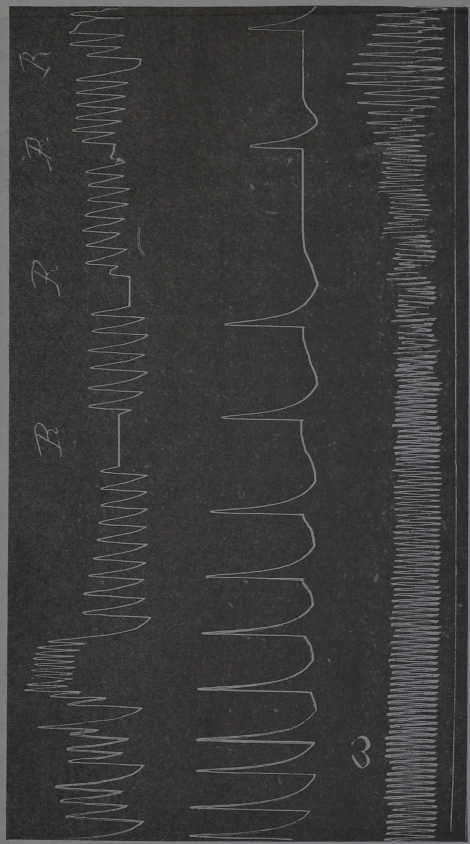

Fig. 4.

Ritornato alla presssione normale di 728 mm. in 1'30" il cuore continua a battere lentamente e poco per volta le sistoli diventano più frequenti, dopo 1',15 secondi che si trova alla pressione normale ricomincia lentamente il respiro, e 4 minuti dopo che trovasi alla pressione normale scrivo la linea 4 della fig. 3.

La pressione sanguigna che era scesa a 100 torna a 120 mm. Il polso è più lento e dicroto; nel mezzo della curva in α dove muovo il cilindro per fare un segno comincia una seconda depressione; alla fine della linea non si raggiunsero ancora 120 mm. ma il polso ha modificato la sua forma: i vasi sembrano aver acquistato una tonicità maggiore, perchè il dicrotismo tende a scomparire, ma la frequenza del polso rimane la stessa e la pressione sanguigna non cambia.

Per brevità tralascio di ricordare le modificazioni che osservansi nel cuore e nei vasi sanguigni durante l'asfissia spinta rapidamente agli estremi; ma bastano questi tracciati delle figg. 3 e 4 per concludere che i mutamenti osservati nella circolazione sanguigna durante una rapida e fortissima depressione sono diversi da quelli che si producono nell'asfissia e ciò contrariamente all'affermazione di P. Bert [1], il quale disse: « J'ai déjà insisté à plusieurs reprises sur le parallèle entre les phénomènes de la décompression et ceux de l'asphyxie en vase clos, parallèle qui se poursuit jusque dans les moindres détails ».

§ 4.

Ho fatto altre due esperienze le quali diedero i medesimi risultati e resta così confermato che nelle forti depressioni barometriche non cambia nè la pressione sanguigna, nè la frequenza delle sistoli cardiache. Il centro vasomotorio sente poco l'azione dell'aria rarefatta, mentre che i centri della respirazione sono influenzati, ma non vi è la dispnea caratteristica dell'asfissia, eccetto nell'agonia. Anche quando il cuore ed il respiro erano prossimi a fermarsi non comparvero le convulsioni. È però da notarsi che tali esperienze vennero fatte su animali profondamente cloralizzati, il che fa variare certo i risultati che avremmo ottenuti in un cane non profondamente assopito.

In altri due cani in condizioni eguali osservai un aumento della pressione come esporrò nel seguente esperimento.

Esperienza III.

5 gennaio. Un cane giovane del peso di 4800 gr. viene addormentato per mezzo del cloralio, del quale vengono successivamente iniettati 3 grammi nella cavità addominale. Pressione barometrica 728 mm.

Nella fig. 5 si scrive il tracciato normale dove la pressione letta nella scala è 100 mm. Non faccio l'ascissa a zero bastando questa indicazione; nel tracciato sono visibili le oscillazioni respiratorie. In α si sposta il cilindro per fare un segno dove comincia la depressione barometrica; nel punto segnato ω la pressione è 228 mm. L'aumento della pressione sanguigna fu di 30 mm. da 100 mm. a 130 mm.

[1] P. Bert, *Pression barométrique*, pag. 740.

Un'altra esperienza identica fatta su questo cane diede lo stesso risultato. Nell'altro cane l'aumento della pressione sanguigna per una depressione di 228 mm. pari a 9600 m. di altitudine fu minore.

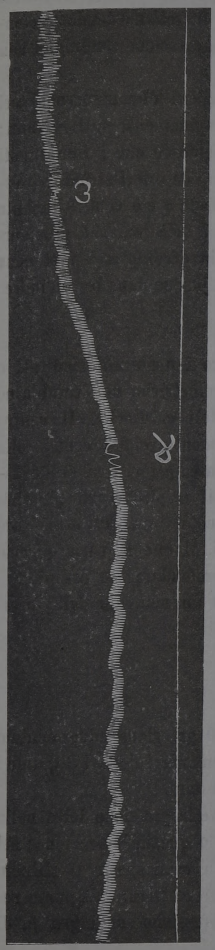

Fig. 5.

Riepilogando si dovrebbe confessare che i risultati sono poco soddisfacenti. Queste esperienze servono per dimostrare che animali della medesima specie reagiscono in modo diverso ai cambiamenti di pressione; e queste discrepanze le esposi meglio in una Nota col titolo: *Differenze individuali in rapporto colla pressione parziale del* CO_2 *e dell'*O_2 *nell'aria rarefatta.*

Le differenze individuali che si osservano nell'apnea per cui alcuni individui della stessa specie (tanto nell'uomo quanto negli animali) sono più sensibili ed altri meno, sono causa delle discordanze che trovansi fra gli autori che studiarono la pressione del sangue nell'apnea. Mentre Filehne affermò che nell'apnea diminuisce la pressione sanguigna (1): « Wir mussen sowohl das Aufhören der Athmung als auch die sich hieran schliessende Drucksenkung für eine apnoische Erscheinung erklären » Knoll sostenne l'opinione contraria e disse: « Die Blutdruckcurve steigt während der Apnoe » (2).

§ 5.

Però anche negli animali che sembrano meglio resistere alle forti depressioni, si possono osservare dei mutamenti profondi nella funzione dei centri vasomotorî e del cuore, pur rimanendo costante la pressione sanguigna: questo lo vediamo nel seguente esperimento.

Esperienza IV.

11 gennaio. Un cane del peso di 5000 gr. viene cloralizzato profondamente; la

(1) W. Filehne, Archiv f. exp. Path. u. Pharmak. X Bd. pag. 457.
(2) Ph. Knoll, Sitzungsberichte d. k. Ak. d. Wiss. zu Wien, vol. 86, pag. 103.

pressione sanguigna è 130 mm. nel principio della fig. 6. Sono evidentissime le ondulazioni della pressione sanguigna dovute all'azione del centro vaso motore. Durante 5 minuti queste ondulazioni rimasero costanti nella loro forma come vedesi nella curva inferiore del presente tracciato fig. 6. In α comincia la depressione, e da 730 mm. scende (nella seguente fig. 7 che ne è la continuazione) in ω a 230 mm.; già prima che siasi raggiunta questa depressione il cuore ha modificato le sistoli e il polso che prima era più ampio sul vertice delle ondulazioni ora è divenuto uguale. Essendo rimasta invariata la pressione sanguigna è meno probabile che tale effetto si debba attribuire ad un aumento di tonicità dei vasi sanguigni. Nella fig. 7, linea 1, vediamo che le ondulazioni si allungano e diventano meno forti. Nella linea 2 delle figg. 6 e 7 le ondulazioni diventano sempre più deboli e scompariscono nell'ultima parte della linea 2 fig. 7. La pressione e la frequenza dei battiti cardiaci non cambiano. Nella linea 3 della fig. 7, il respiro diviene più forte e scompariscono nel tracciato manometrico le ondulazioni.

Nel timore che il cloralio potesse rendere meno evidente l'azione della depressione barometrica adoperai in altre esperienze il cloralosio, che come è noto, non modifica la forza ed il ritmo dei battiti cardiaci. In questa parte del mio studio se ho confermato quanto ho già esposto precedentemente, ho potuto d'altronde osservare l'influenza della depressione barometrica sul midollo spinale.

Il cloralosio produce una sovraeccitazione del midollo, cosicchè gli animali presentano dei movimenti convulsivi che rassomigliano alle contrazioni stricniche. Appena un cane avvelenato col cloralosio viene portato ad una pressione di 330 mm. o 350 mm. cessa il tremito e l'agitazione. In questa altitudine che corrisponde a 6000 metri il cloralosio agisce in modo diverso e le funzioni del midollo vengono alquanto depresse.

Completerò l'esame dei tracciati manometrici sopra esposti, con uno studio sui movimenti cardiaci nell'aria rarefatta che pubblicherò in una prossima Nota.

Io sono stato nella camera pneumatica ad una depressione barometrica corrispondente ad 11,600 metri [1] e Süring con Berson nella loro ascensione aereostatica sono giunti fino a 10,500 metri; questo prova che i disturbi nelle forti depressioni barometriche non succedono per una causa meccanica. Il primo concetto per spiegare il male di montagna fu quello di Haller [2] il quale credeva che l'aria rarefatta non dilatasse abbastanza bene i polmoni. Ho già dimostrato nel mio lavoro sull'ossido di carbonio [3] che l'aria penetra

(1) A. Mosso, *Fisiologia dell'uomo sulle Alpi*, pag. 395.

(2) A. Haller, *Elementa physiologiae*. Tomus III, pag. 196.

(3) A. Mosso, *La respirazione nelle gallerie e l'azione dell'ossido di carbonio*. Milano, 1900, pag. 316. Archives italiennes de Biologie, Tome XXXV, pag. 99.

e distende fino al massimo grado i polmoni senza incontrare alcuna resistenza nei minimi bronchi e negli alveoli.

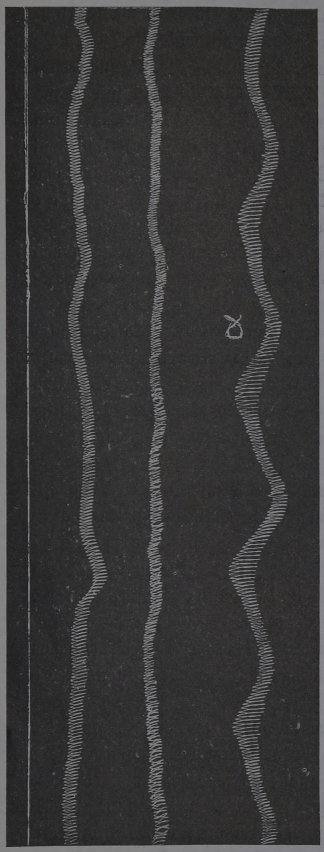

Fig. 6.

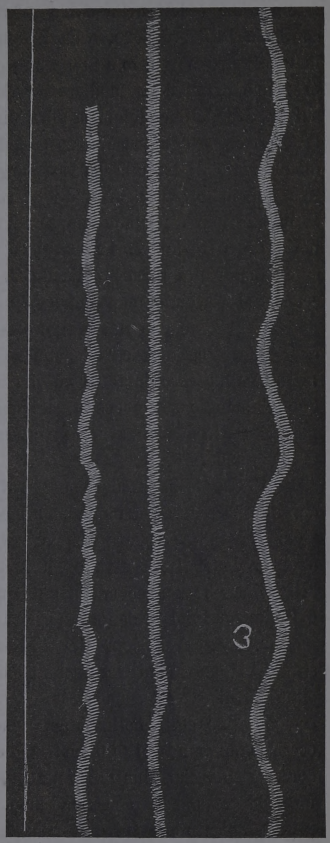

Fig. 7

Queste esperienze sulla pressione sanguigna dalle quali risultò che anche nella depressione enorme di 128 mm. corrispondenti all'altitudine di 14,200 m. la pressione sanguigna è poco diversa dal normale, servono a stabilire in modo definitivo che la depressione barometrica non agisce in senso meccanico, ma in senso chimico sull'organismo per produrre il male di montagna.